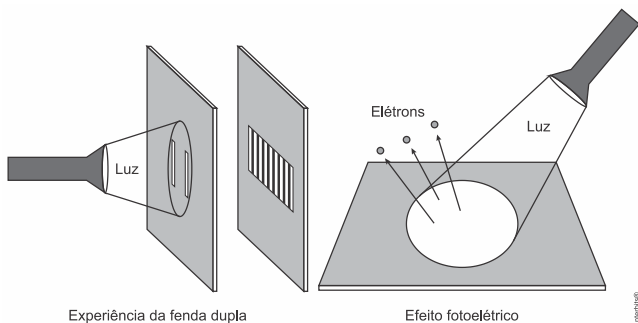


FÍSICA MODERNA

RESOLUÇÕES

01. (Ufsc 2017) A natureza da luz é um tema que ocupa os estudiosos desde a antiguidade. As teorias corpuscular e ondulatória buscam a preferência de cientistas famosos para explicar fenômenos importantes da ciência. No entanto, após o experimento da fenda dupla de Thomas Young, em 1802, e da explicação do efeito fotoelétrico realizada por Albert Einstein, em 1905, a ideia da dualidade onda/partícula da luz foi aceita pela comunidade científica. A experiência da fenda dupla consiste em fazer a luz passar por duas fendas em uma placa e observar o padrão de franjas (listras) claras e franjas (listras) escuras. Já o efeito fotoelétrico consiste em incidir luz sobre uma placa metálica para arrancar elétrons.



Considerando o que foi exposto acima, é correto afirmar que:
 01) no experimento de Young, a obtenção do padrão de franjas claras e franjas escuras ocorre por meio do fenômeno de interferência construtiva e interferência destrutiva das ondas, logo a explicação do fenômeno é ondulatória.
 02) a formação do padrão de franjas claras e franjas escuras no experimento da fenda dupla de Young foi explicada pela teoria corpuscular da luz, em que as partículas da luz (fótons) sofrem o fenômeno de interferência.
 04) no efeito fotoelétrico, para arrancar os elétrons da placa, a luz deve ser formada por partículas (fótons) com uma energia mínima que é proporcional à frequência da luz.
 08) tanto a teoria corpuscular quanto a teoria ondulatória da luz explicam o padrão de franjas claras e franjas escuras no experimento da fenda dupla.
 16) o efeito fotoelétrico foi explicado por Einstein pela teoria ondulatória da luz.
 32) os fenômenos de interferência e difração são mais bem representados pela teoria ondulatória da luz, enquanto que o fenômeno do efeito fotoelétrico é mais bem representado pela teoria corpuscular da luz.

Resposta:
 01 + 04 + 32 = 37.
 [01] Verdadeira. O experimento de Young comprova o comportamento ondulatório da luz através de padrões de interferência construtiva e destrutiva.
 [02] Falsa. A formação de franjas claras e escuras no experimento da fenda dupla devido a interferência somente pode ser explicado assumindo-se a teoria ondulatória para a luz.
 [04] Verdadeira. O efeito fotoelétrico somente pode ser explicado considerando-se a luz composta por partículas, os fótons que tendo massa, podem transferir quantidade de movimento aos elétrons de uma placa metálica e assim arrancá-los, com uma energia mínima, chamada de função trabalho que depende do tipo de metal da placa.
 [08] Falsa. A explicação para o experimento da fenda dupla é baseada na teoria ondulatória.
 [16] Falsa. Já o efeito fotoelétrico é explicado pela teoria corpuscular da luz.
 [32] Verdadeira.

02. (Uem 2016) Em 1905, Albert Einstein propôs mudanças no estudo do movimento relativo entre corpos. A proposta de Einstein ficou conhecida como a Teoria da Relatividade Especial. Sobre a Teoria da Relatividade Especial de Einstein é **correto** afirmar que:
 01) As leis da física mudam quando se muda o referencial inercial.
 02) A velocidade da luz no vácuo tem o mesmo valor em todos os referenciais inerciais. Não depende do movimento da fonte de luz e tem igual valor em todas as direções.
 04) A massa de um corpo é constante, independente da velocidade desse corpo.
 08) A energia total (E , em Joules) de um corpo de massa (m , em quilogramas) é o produto de sua massa pelo quadrado da velocidade da luz no vácuo (c , em metros por segundo), ou seja,
 $E = mc^2$.
 16) Na natureza não podem ocorrer interações com velocidade menor do que a velocidade da luz.

Resposta:
 02 + 08 = 10.
 [01] Falso. As leis da física não mudam quando se muda o referencial inercial.
 [02] Verdadeiro. A velocidade da luz será sempre igual, essa grande descoberta foi feita por Michel e Morley, onde ambos passaram a vida tentando provar que a teoria do Éter estava certa, quando na verdade, só conseguiram mais argumentos provando que o Éter não existe.
 [04] Falso. Lorentz provou o oposto disso.
 [08] Verdadeiro.
 [16] Falso. Na natureza ocorre o tempo todo interações com velocidade inferior a da luz.

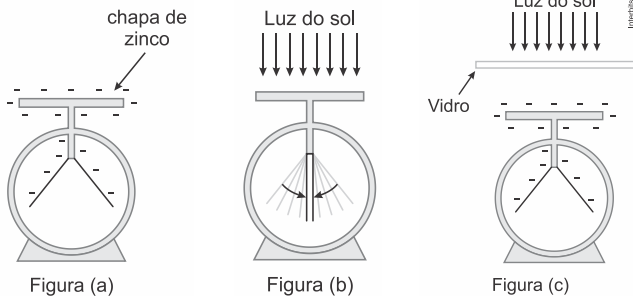
03. (Fuvest 2016) O elétron e sua antipartícula, o pósitron, possuem massas iguais e cargas opostas. Em uma reação em que o elétron e o pósitron, em repouso, se aniquilam, dois fótons de mesma energia são emitidos em sentidos opostos.
 A energia de cada fóton produzido é, em MeV, aproximadamente,
 Note e adote:
 Relação de Einstein entre energia (E) e massa (m): $E = mc^2$
 Massa do elétron = $9 \times 10^{-31} \text{ kg}$
 Velocidade da luz $c = 3,0 \times 10^8 \text{ m/s}$
 $1 \text{ eV} = 1,6 \times 10^{-19} \text{ J}$
 $1 \text{ MeV} = 10^6 \text{ eV}$
 No processo de aniquilação, toda a massa das partículas é transformada em energia dos fótons.
 a) 0,3
 b) 0,5
 c) 0,8
 d) 1,6
 e) 3,2

Resposta: B
 Substituindo os dados na expressão dada:
 $E = mc^2 = 9 \times 10^{-31} (3 \times 10^8)^2 = 8,1 \times 10^{-14} \text{ J}$.
 Convertendo para elétron-volt:
 $\left. \begin{array}{l} 1 \text{ eV} \rightarrow 1,6 \times 10^{-19} \text{ J} \\ E \rightarrow 8,1 \times 10^{-14} \text{ J} \end{array} \right\} \Rightarrow$
 $E = 5,0625 \times 10^5 \text{ eV} \cong 0,5 \times 10^6 \text{ eV} \Rightarrow$
 $E = 0,5 \text{ MeV}$.

PROFESSOR DANILO

ATIVIDADE DE RECUPERAÇÃO – FRENTE 3/AULAS 7 E 8 – SEGUNDO ANO – 3º BIMESTRE DE 2019

04. (Ufjf-pism 3 2019) Um eletroscópio pode ser construído por duas tiras de metal suspensas por uma pequena haste de metal em um invólucro eletricamente isolante. A haste é conectada a uma chapa de zinco no topo do invólucro. Quando a chapa de zinco é carregada negativamente por uma fonte externa, as tiras se afastam uma da outra, conforme a **Figura (a)**. Se, nesta situação, você iluminar o zinco com a luz do sol, o zinco e o eletroscópio serão descarregados, e as abas do eletroscópio irão se juntar novamente, conforme a **Figura (b)**. Se, por outro lado, colocarmos um pedaço de vidro acima do zinco e iluminarmos o eletroscópio com a luz do sol passando pelo vidro antes de atingir o zinco, nada acontecerá, mesmo com o eletroscópio e o zinco inicialmente carregados negativamente, conforme mostra a **Figura (c)**. Dentre as alternativas abaixo, qual delas explica corretamente o resultado mostrado na **Figura (c)**?

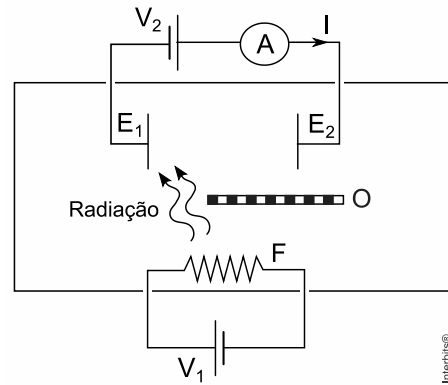


- a) O vidro bloqueia luz ultravioleta, cujos fótons possuem energia maior do que a função trabalho do zinco.
b) O vidro bloqueia luz infravermelha, parte do espectro do sol com fótons mais energéticos, responsáveis pela emissão dos elétrons em excesso do zinco.
c) O vidro reduz a intensidade da luz total que incide no zinco, implicando em uma quantidade de energia menor do que a função trabalho do zinco.
d) Quando a luz do sol incide na placa de vidro, pelo efeito fotoelétrico, elétrons são ejetados, e esta placa fica carregada. Isto impede que elétrons em excesso do eletroscópio também sejam ejetados.
e) A placa de vidro é isolante, impedindo a ejeção dos elétrons em excesso do zinco.

Resposta: A

O vidro impede que o efeito fotoelétrico ocorra no zinco, isso porque os fótons provenientes da luz ultravioleta (que possuem maior energia do que a função trabalho do zinco) são bloqueados por ele.

05. (Ita 2019) Dentro de uma câmara de vácuo encontra-se um o filamento F aquecido por meio de uma fonte elétrica externa de d.d.p. V_1 . A radiação emitida por F atinge o eletrodo metálico E_1 , que passa a emitir elétrons que podem ser coletados no eletrodo E_2 , acarretando a corrente I medida num amperímetro. Uma segunda fonte externa, de d.d.p. V_2 , é conectada ao circuito conforme ilustrado na figura. Um obstáculo O impede que E_2 receba radiação do filamento F .



Analise as seguintes afirmações:

- I. A corrente I aumenta sempre que V_2 aumenta e tende a um valor assintótico I_{max} .
II. Toda a radiação que incide em E_1 pode causar ejeção de elétrons.
III. Para certo valor $V_2 < 0$, é possível obter uma corrente I invertida em relação ao sentido mostrado na figura.
IV. É possível ter $I \neq 0$ para $V_2 = 0$ com I dependente de V_1 .

Estão corretas

- a) todas as afirmações.
b) apenas I, II e III.
c) apenas I e IV.
d) apenas II e IV.
e) apenas I, II e IV.

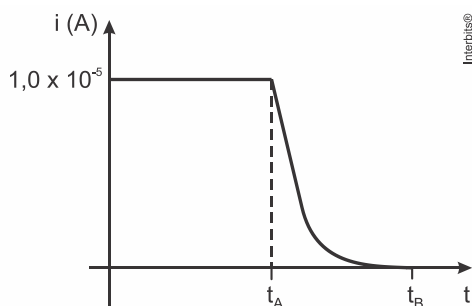
Resposta: C

- [I] Verdadeira. Como o aumento de V_2 , ocorre um aumento na aceleração com a qual os elétrons são emitidos de E_1 para E_2 , aumentando assim a corrente I que tende a um valor assintótico I_{max} .
[II] Falsa. Neste caso, a frequência de radiação deve ser superior à frequência de corte do material emissor.
[III] Falsa. Para $V_2 < 0$, os elétrons serão desacelerados, ficando a corrente com valor mínimo igual a zero, mas não invertida.
[IV] Verdadeira. Apenas com a aplicação de V_1 já é possível causar a emissão de elétrons de E_1 para E_2 como discutido anteriormente, o que gera uma corrente elétrica.

PROFESSOR DANILO ATIVIDADE DE RECUPERAÇÃO – FRENTE 3/AULAS 7 E 8 – SEGUNDO ANO – 3º BIMESTRE DE 2019

06. (Upe-ssa 3 2018) Efeito Fotoelétrico é a emissão de elétrons de um material, geralmente metálico, quando submetido à radiação eletromagnética. Esse efeito tem larga aplicação no cotidiano como a contagem do número de pessoas que passam por um determinado local ou abertura de portas automaticamente. Fonte: <http://brasilescola.uol.com.br/fisica/o-efeito-fotoeletrico.htm>, acessado e adaptado em: 16 de julho de 2017.

Um capacitor de placas paralelas, de capacitância igual a $120,0 \mu F$ e separação entre as placas de $1,0 \text{ cm}$, é carregado com uma bateria de $10,0 \text{ V}$. Após seu carregamento, a bateria é desconectada, e uma onda eletromagnética incide em $t=0$ na placa carregada negativamente. Os elétrons emitidos por efeito fotoelétrico possuem energias cinéticas, que variam de zero até $1,5 \text{ eV}$. O gráfico a seguir ilustra o comportamento da corrente i que flui entre as placas do capacitor em função do tempo t , após o desligamento da bateria. Então, o instante de tempo t_A e o potencial entre as placas do capacitor em t_B , respectivamente, valem



- a) 1 min e $1,0 \text{ V}$
- b) 1 min e $1,5 \text{ V}$
- c) 2 min e $1,0 \text{ V}$
- d) 2 min e $1,5 \text{ V}$
- e) 3 min e $1,0 \text{ V}$

Resposta: D

Dados: $i = 1 \times 10^{-5} \text{ A}$; $U = 10 \text{ V}$; $C = 120 \times 10^{-6} \text{ F}$.

$$\begin{cases} Q = CU \\ Q = it_A \end{cases} \Rightarrow it_A = CU \Rightarrow$$

$$t_A = \frac{CU}{i} = \frac{120 \times 10^{-6} \cdot 10}{1 \times 10^{-5}} = 120 \text{ s} \Rightarrow$$

$t_A = 2 \text{ min.}$

Conforme o tempo passa, a polaridade das placas se invertem até que a placa anteriormente negativa fica positiva, devido ao efeito fotoelétrico. Por fim, a máxima ddp entre as placas corresponde à máxima barreira que um fotoelétron pode vencer, isto é $1,5 \text{ V}$. Assim a ddp entre as placas será de $1,5 \text{ V}$, porém com polaridade invertida.

07. (Fuvest 2016) O elétron e sua antipartícula, o pósitron, possuem massas iguais e cargas opostas. Em uma reação em que o elétron e o pósitron, em repouso, se aniquilam, dois fótons de mesma energia são emitidos em sentidos opostos.

A energia de cada fóton produzido é, em MeV , aproximadamente,

Note e adote:

Relação de Einstein entre energia (E) e massa (m): $E = mc^2$

Massa do elétron $= 9 \times 10^{-31} \text{ kg}$

Velocidade da luz $c = 3,0 \times 10^8 \text{ m/s}$

$1 \text{ eV} = 1,6 \times 10^{-19} \text{ J}$

$1 \text{ MeV} = 10^6 \text{ eV}$

No processo de aniquilação, toda a massa das partículas é transformada em energia dos fótons.

- a) 0,3
- b) 0,5
- c) 0,8
- d) 1,6
- e) 3,2

Resposta: B

Substituindo os dados na expressão dada:

$$E = mc^2 = 9 \times 10^{-31} (3 \times 10^8)^2 = 8,1 \times 10^{-14} \text{ J.}$$

Convertendo para elétron-volt:

$$\left. \begin{array}{l} 1 \text{ eV} \rightarrow 1,6 \times 10^{-19} \text{ J} \\ E \rightarrow 8,1 \times 10^{-14} \text{ J} \end{array} \right\} \Rightarrow$$

$$E = 5,0625 \times 10^5 \text{ eV} \cong 0,5 \times 10^6 \text{ eV} \Rightarrow$$

$E = 0,5 \text{ MeV.}$

PROFESSOR DANILO

ATIVIDADE DE RECUPERAÇÃO – FRENTE 3/AULAS 7 E 8 – SEGUNDO ANO – 3º BIMESTRE DE 2019

08. (Ufjf-pism 3 2016) Em um reator nuclear, átomos radioativos são quebrados pelo processo de fissão nuclear, liberando energia e átomos de menor massa atômica. Esta energia é convertida em energia elétrica com um aproveitamento de aproximadamente 30%. A teoria da relatividade de Einstein torna possível calcular a quantidade de energia liberada no processo de fissão nuclear. Nessa teoria, a energia de uma partícula é calculada pela expressão $E = mc^2$, onde $m = m_0 / \sqrt{1 + (v/c)^2}$. Em uma residência comum, se consome, em média, 200 kWatt – hora por mês. Neste caso, **CALCULE** qual deveria ser a massa, em quilogramas, necessária para se manter essa residência por um ano, considerando que a transformação de massa em energia ocorra no repouso.

Dado: $c = 3 \times 10^8$ m/s.

- a) $3,6 \times 10^{-8}$ kg
- b) $6,3 \times 10^{-5}$ kg
- c) $3,2 \times 10^{-7}$ kg
- d) $9,6 \times 10^{-8}$ kg
- e) $5,3 \times 10^{-5}$ kg

Resposta: C

A energia útil consumida pela residência em 1 ano (12 meses) é:

$$E_U = 200 \text{ kW} \cdot h \times 12 = 2400 \text{ kW} \cdot h \Rightarrow$$

$$E_U = (2400 \times 10^3 \text{ W}) \times (3,6 \times 10^3 \text{ s}) = 8,64 \times 10^9 \text{ W} \cdot \text{s} \Rightarrow$$

$$E_U = 8,64 \times 10^9 \text{ J.}$$

Considerando o rendimento de 30%, a energia total produzida pela fissão é:

$$\eta = \frac{E_U}{E_T} \Rightarrow E_T = \frac{E_U}{\eta} = \frac{8,64 \times 10^9}{0,3} \Rightarrow E_T = 2,88 \times 10^{10} \text{ J.}$$

Usando a relação massa-energia:

$$E_T = m_0 c^2 \Rightarrow m_0 = \frac{E_T}{c^2} = \frac{2,88 \times 10^{10}}{9 \times 10^{16}} \Rightarrow m_0 = 3,2 \times 10^{-7} \text{ kg.}$$

09. (Unisc 2015) Em uma explosão de uma mina de carvão foram utilizadas 1.000 toneladas de explosivo trinitrotolueno (TNT), o que equivale a $1,0 \times 10^{12}$ calorias. Qual foi, aproximadamente, a quantidade de massa convertida em energia equivalente a essa explosão? (1 caloria = 4,18J e $c = 3,0 \times 10^8$ m/s)

- a) $4,6 \times 10^{-5}$ kg
- b) $4,6 \times 10^{-8}$ kg
- c) $1,1 \times 10^{-5}$ kg
- d) $1,1 \times 10^{-8}$ kg
- e) $1,1 \times 10^{-13}$ kg

Resposta: A

Esta questão nos traz uma consequência da teoria da relatividade, que implica na mais famosa equação da Física de todos os tempos, a relação universal entre massa e energia de Albert Einstein.

$$E = m \cdot c^2$$

Essa equação nos diz que a massa também é uma forma de energia e vice-versa. Neste caso, uma parte da massa do explosivo utilizado deve ser responsável pela energia da explosão.

Isolando a massa, substituindo os valores e transformando calorias para joule, temos:

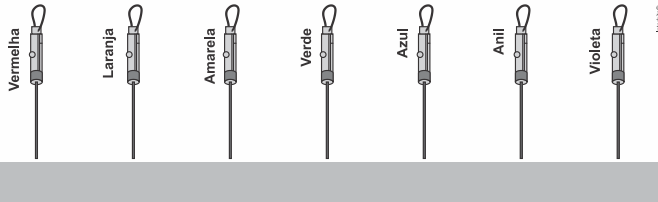
$$m = \frac{E}{c^2} \Rightarrow m = \frac{1 \cdot 10^{12} \text{ cal} \cdot 4,18 \frac{\text{J}}{\text{cal}}}{(3 \cdot 10^8 \text{ m/s})^2} = \frac{4,18 \cdot 10^{12} \text{ J}}{9 \cdot 10^{16} \text{ m}^2 / \text{s}^2}$$

$$m = 4,64 \cdot 10^{-5} \text{ kg}$$

PROFESSOR DANILO

ATIVIDADE DE RECUPERAÇÃO – FRENTE 3/AULAS 7 E 8 – SEGUNDO ANO – 3º BIMESTRE DE 2019

10. (Ufsc 2018) Um professor propôs a seus alunos o seguinte problema sobre efeito fotoelétrico. Uma placa composta de metal, que apresenta função trabalho de $2,50 \text{ eV}$, é iluminada com as cores do arco-íris por meio de sete lasers. A figura abaixo indica as posições e frequências da cor de cada laser. Adote as frequências da tabela, a velocidade da luz igual a $3 \cdot 10^8 \text{ m/s}$, a constante de Planck igual a $6,6 \cdot 10^{-34} \text{ J}$ e $1 \text{ eV} = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ J}$.



Frequências ($\cdot 10^{14} \text{ Hz}$)						
Vermelha	Laranja	Amarela	Verde	Azul	Anil	Violeta
3,90	4,90	5,10	5,50	6,10	6,50	7,50

Considerando o exposto, é correto afirmar que:

- 01) as luzes vermelha, laranja e amarela não conseguem arrancar elétrons da placa.
 02) se o efeito fotoelétrico ocorrer com a luz violeta, a energia cinética de todos os elétrons arrancados da placa será a mesma.
 04) os elétrons arrancados da placa pela luz verde saem com energia cinética de, aproximadamente, $3,7 \cdot 10^{-20} \text{ J}$.
 08) o efeito fotoelétrico foi explicado por Albert Einstein.
 16) para que a luz amarela possa arrancar elétrons da placa, devemos aumentar sua intensidade, ou seja, irradiar luz amarela mais forte na placa.

Resposta:

$$01 + 08 = 09.$$

Convertendo a função trabalho para joule:

$$W = 2,5 \text{ eV} \times \frac{1,6 \cdot 10^{-19} \text{ J}}{1 \text{ eV}} \Rightarrow W = 4 \cdot 10^{-19} \text{ J} \quad \text{01] Correta.}$$

Calculando as energias dos fótons dessas radiações, pela equação de Planck, e comparando com a função trabalho.

$$E = hf \begin{cases} E_{Vm} = 6,6 \cdot 10^{-34} \times 3,0 \cdot 10^{14} \Rightarrow E_{Vm} = 1,98 \cdot 10^{-19} \text{ J} \\ E_{Lr} = 6,6 \cdot 10^{-34} \times 4,9 \cdot 10^{14} \Rightarrow E_{Lr} = 3,23 \cdot 10^{-19} \text{ J} \\ E_{Am} = 6,6 \cdot 10^{-34} \times 5,1 \cdot 10^{14} \Rightarrow E_{Am} = 3,37 \cdot 10^{-19} \text{ J} \end{cases}$$

Nota-se que:

$$E_{Vm} < E_{Lr} < E_{Am} < W.$$

Portanto, essas radiações não conseguem arrancar elétrons da placa. 02] **Incorreta.** A equação do efeito fotoelétrico dá a **energia cinética máxima** com que o elétron pode ser ejetado. 04] **Incorreta.** Calculando a energia de um fóton de radiação verde:

$$E_{Vd} = 6,6 \cdot 10^{-34} \times 5,5 \cdot 10^{14} \Rightarrow E_{Vd} = 3,63 \cdot 10^{-19} \text{ J}$$

Essa energia é menor que a função trabalho. A radiação verde também não consegue arrancar elétrons da placa. 08] **Correta.** Essa explicação foi dada em 1905 e devido a ela, foi-lhe concedido o prêmio Nobel de Física, em 1921. 16] **Incorreta.** A energia do fóton não depende da intensidade da radiação, mas da sua frequência, como mostra a equação de Planck.

11. (Unicamp 2013) O prêmio Nobel de Física de 2011 foi concedido a três astrônomos que verificaram a expansão acelerada do universo a partir da observação de supernovas distantes. A velocidade da luz é $c = 3 \times 10^8 \text{ m/s}$.

a) Observações anteriores sobre a expansão do universo mostraram uma relação direta entre a velocidade v de afastamento de uma galáxia e a distância r em que ela se encontra da Terra, dada por $v = Hr$, em que $H = 2,3 \times 10^{-18} \text{ s}^{-1}$ é a constante de Hubble. Em muitos casos, a velocidade v da galáxia pode ser

obtida pela expressão $v = \frac{c \Delta \lambda}{\lambda_0}$, em que λ_0 é o comprimento de

onda da luz emitida e $\Delta \lambda$ é o deslocamento Doppler da luz. Considerando ambas as expressões acima, calcule a que distância da Terra se encontra uma galáxia, se $\Delta \lambda = 0,092 \lambda_0$.

b) Uma supernova, ao explodir, libera para o espaço massa em forma de energia, de acordo com a expressão $E = mc^2$. Numa explosão de supernova foram liberados $3,24 \times 10^{48} \text{ J}$, de forma que sua massa foi reduzida para $m_{\text{final}} = 4,0 \times 10^{30} \text{ kg}$. Qual era a massa da estrela antes da explosão?

Resposta:

a) Dados: $c = 3 \times 10^8 \text{ m/s}$; $H = 2,3 \times 10^{-18} \text{ s}^{-1}$; $\Delta \lambda = 0,092 \lambda_0$.

Combinando as duas expressões dadas:

$$\begin{cases} v = Hr \\ v = \frac{c \Delta \lambda}{\lambda_0} \end{cases} \Rightarrow Hr = \frac{c \Delta \lambda}{\lambda_0} \Rightarrow r = \frac{c \Delta \lambda}{H \lambda_0} = \frac{3 \times 10^8 \cdot 0,092 \lambda_0}{2,3 \times 10^{-18} \cdot \lambda_0} \Rightarrow r = 1,2 \times 10^{25} \text{ m}.$$

b) Dados: $E = 3,24 \times 10^{48} \text{ J}$; $m_{\text{final}} = 4 \times 10^{30} \text{ kg}$.

Calculando a massa consumida para produzir essa energia:

$$E = mc^2 \Rightarrow m = \frac{E}{c^2} = \frac{3,24 \times 10^{48}}{(3 \times 10^8)^2} = \frac{3,24 \times 10^{48}}{9 \times 10^{16}} \Rightarrow m = 3,6 \times 10^{31} \text{ kg}.$$

$$m_{\text{inicial}} = m_{\text{final}} + m \Rightarrow$$

$$m_{\text{inicial}} = 4 \times 10^{30} + 3,6 \times 10^{31} = 4 \times 10^{30} + 36 \times 10^{30} \Rightarrow$$

$$m_{\text{inicial}} = 4 \times 10^{31} \text{ kg}.$$